[Dall'Istituto di Patologia Generale della R. Università di Napoli
diretto dal Prof. Gino Galeotti].

DI UNA PROPRIETÀ MECCANICA DEL MUSCOLO CHE SI PUÒ CHIAMARE *POTENZA*.

Dott. GUIDO GUERRINI
LIBERO DOCENTE IN PATOLOGIA GENERALE.

Estratto dallo Sperimentale (Archivio di Biologia normale e patologica)
Anno LX - Fasc. III — Maggio-Giugno, 1906.

[Dall'Istituto di Patologia Generale della R. Università di Napoli
diretto dal Prof. Gino Galeotti].

DI UNA PROPRIETÀ MECCANICA DEL MUSCOLO CHE SI PUÒ CHIAMARE *POTENZA*.

Dott. GUIDO GUERRINI
libero docente in patologia generale.

È stata usata l'espressione di *lavoro statico* muscolare per significare lo sforzo durevole che fa un muscolo nel mantenere per un certo tempo ad una certa altezza un peso determinato. Ma poichè tale espressione è incerta ed ambigua, a me sembra più conveniente usare la parola: *potenza del muscolo.* Questa grandezza è una funzione dell'accorciamento del muscolo, del peso che il muscolo sostiene e del tempo durante cui può protrarsi il sollevamento.

Essa, quindi, si può esprimere nelle unità di misura *cm. gr. sec.* Per un tempo infinitesimo dt è

$$dP = ga\,dt$$

in cui: P è la grandezza sopra accennata; g è il peso di cui il muscolo è caricato; a è l'accorciamento subìto durante questo tempo infinitesimo; a, come è noto è una funzione di t; g negli sperimenti di grafica non varia col tempo, ma l'accorciamento dipende dal peso g.

Quindi in generale si deve scrivere per tutto l'intervallo t_0, t_1 (tempo che il muscolo impiega per ritornare allo stato di riposo):

$$P = \int_{t_0}^{t_1} gadt$$

e per ogni singolo esperimento: $P = g \int_{t_0}^{t_1} a dt$, osservando che l' integrale definito

$$\int_{t_0}^{t_1} a dt$$

si ricava dalle comuni grafiche misurando la superficie compresa fra la curva di contrazione e l'ascissa.

A fine di definire il significato di P occorre vedere quale relazione sussista tra la sovrascritta quantità e il peso g. A questo scopo ho compiuto una serie di esperienze come segue: il muscolo gastrocnemio di una rana era preparato col metodo solito e disposto orizzontalmente con il femore fissato a una pinza e l' estremo tendineo fissato ad un filo, il quale, munito ad una certa distanza dal muscolo di una solita penna scrivente, era poi accavallato sopra una carrucola e sosteneva, a trazione verticale, un piattello caricato di pesi. La penna appoggiava su un tamburo scrivente. Una disposizione sperimentale assai semplice sosteneva il piattello caricato con i pesi, per modo che non si esercitasse alcuna trazione sul muscolo, sino a che non si iniziasse la contrazione di questo. Tetanizzando il muscolo con il metodo solito (oscillazioni dell' ancora della slitta: 68 per minuto), la contrazione muscolare determinava uno stiramento orizzontale del filo, uno spostamento (e però un tracciato) in ugual senso della penna sul tamburo, un' elevazione in senso verticale del piattello carico di pesi.

A mano a mano che diminuiva la potenza della contrazione tetanica, per azione dei pesi sul piattello la penna tornava progressivamente all'ascissa. Risultava perciò iscritta sul tamburo una certa area, limitata in basso dall'ascissa e in alto dal tetanogramma e che poteva facilmente misurare.

Il prodotto dell'area per i pesi caricati sul piattello dava quello che ho chiamato la *potenza del muscolo*. Eseguivo l' esperimento per ambedue i gastrocnemi del medesimo soggetto, caricandoli di pesi diversi ed eseguendo per ogni muscolo naturalmente un tetano soltanto.

Riassumo nella tabella seguente i resultati degli esperimenti.

		Peso	Superficie integrale della curva	Potenza del muscolo
Rana I	1.....	70	29. 60	1982
	2.....	20	91. 80	1836
Rana II....	1.....	70	31. 3	2191
	2.....	80	28. 9	2312
Rana III...	1.....	70	20. 39	1427
	2.....	150	10. 50	1572
Rana IV...	1.....	100	9. 10	910
	2.....	150	6. 60	990
Rana V....	1.....	50	37. 43	18817
	2.....	100	16. 44	164. 40
Rana VI...	1.....	100	36. 5	2920
	2.....	150	25. 8	2580
Rana VII..	1.....	80	31. 78	3178
	2.....	100	24. 96	3944

Si vede da questo che, per muscoli identici, il prodotto della superficie integrale della curva di contrazione per il peso di carica è approssimativamente costante e l'approssimazione è sufficiente, se si tien conto degli errori inevitabili di questo metodo di misurazione e della impossibilità di conservare in ogni caso le identiche condizioni di esperimento.

Si può, in altri termini, concludere che la *superficie integrale della curva di contrazione è proporzionale al peso di cui il mu-*

scolo è caricato, senza che però si possa dire, che questa costante rimanga uguale per tutti i muscoli, poichè essa dipende da condizioni intrinsiche del muscolo in esperimento.

Si può quindi scrivere:

$$g\int_{t_0}^{t_1} adt = cost.$$

cioè *la potenza di un muscolo è indipendente dal peso di carica* ed è una proprietà intrinseca del muscolo stesso.

Ciò naturalmente vale solo per i muscoli distaccati in cui i materiali anabolici e la possibilità del restauro sono fissi e non possono cambiare come nei muscoli dell' animale integro, ove predominano fattori nervosi e circolatori.

L' accorciamento del muscolo e perciò anche la potenza, dipende: 1° da una proprietà strutturale del muscolo stesso cioè dalla sua elasticità; la quale agisce nello stesso senso della gravità, cioè tende a diminuire l' accorciamento, a far tornare il muscolo nella sua forma di riposo; 2° da una proprietà energetica che è la forza di deformazione degli elementi muscolari contrattili, strettamente legata alla *corrente* di energia che è nel muscolo.

Il muscolo deve essere considerato come un *sistema stazionario*, in cui, anche durante lo stato di riposo, è una corrente di energia per sostanze chimiche ad energia potenziale alta (e_1) che si trasformano in altre sostanze chimiche ad energia potenziale più bassa (e_2): la differenza fra e_1 ed e_2, è calore, che si sperde nell' ambiente.

Questa quantità si può chiamare *consumo del muscolo* (c_1) e per periodi di tempo sufficientemente brevi essa si può considerare proporzionale al tempo. Quando poi il muscolo rimanga per un certo tempo in contrazione, esso passa in un altro stato stazionario, in cui la *corrente di energia* è più intensa e la differenza fra e_1 ed e_2 è, per intervalli di tempo uguali, maggiore che per il caso precedente, cioè il consumo del muscolo c_2 è maggiore e quindi è maggiore la quantità di calore che il muscolo perde nell'ambiente.

Ora, per periodi di tempo sufficientemente ristretti, quando

siano costanti il peso e l'altezza del sollevamento, si può ammettere che c_2 sia anch'esso proporzionale al tempo.

Se ora la quantità che ho detto *consumo del muscolo* fosse proporzionale all'accorciamento (il che potrebbe risultare da adatte ricerche di calorimetria) la *superficie integrale* sopra ricordata, e quindi anche la *potenza del muscolo*, sarebbe la misura del *consumo muscolare* durante il periodo della contrazione, cioè P rappresenterebbe il fenomeno energetico avvenuto nel muscolo durante il periodo della contrazione.

Tuttavia, a priori non si può affermare che il consumo del muscolo sia proporzionale al suo accorciamento; sebbene si possa effettivamente dire che, per pesi costanti e per tempi costanti, il consumo del muscolo va aumentando quando è maggiore l'accorciamento e che assai probabilmente questo aumento procede con continuità. Quindi la superficie integrale già ricordata rappresenta, con una sufficiente approssimazione, il fenomeno energetico che avviene nel muscolo in contrazione, e però alla grandezza che io ho chiamato da principio *potenza del muscolo*, si deve dare la maggiore importanza nello studio della meccanica del muscolo, in quanto rivela di per se medesima la capacità energetica muscolare e le condizioni fisiologiche del muscolo per la trasformazione dell'energia durante il periodo della contrazione. Conseguentemente, determinata la *potenza* di un muscolo nelle varie condizioni di questo, poichè i valori che si ottengono sono tra loro comparabili e rappresentano integralmente il fenomeno della contrazione, non vi è più bisogno di tener conto separatamente dei varî elementi della contrazione stessa, cioè del tempo, dell' altezza e della forma della curva nei suoi diversi periodi successivi.